

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

HÀ XUÂN ÁNH

**XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ MƯA TÍNH TOÁN  
TRONG THIẾT KẾ THOÁT NƯỚC MƯA  
THÀNH PHỐ HÀ NỘI**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ**

**NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ SỞ HẠ TẦNG**

**MÃ NGÀNH: 9580210**

**Hà Nội – 2024**

Luận án được hoàn thành tại Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

**Người hướng dẫn khoa học:**

1. PGS. TS. Trần Thị Việt Nga
2. TS. Nguyễn Văn Nam

**Phản biện 1:** PGS.TS. Đoàn Thu Hà

**Phản biện 2:** PGS.TS. Đặng Thị Thanh Huyền

**Phản biện 3:** TS. Nguyễn Văn Hiến

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án Tiến sĩ cấp trường,  
tại Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.

Vào hồi ..... giờ ..... ngày ..... tháng ..... năm 202...

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Thư viện Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Thoát nước mưa Thành phố Hà Nội là một trong những nhiệm vụ ưu tiên hàng đầu để đảm bảo ổn định và phát triển hạ tầng kỹ thuật trong công cuộc xây dựng đất nước. Xác định cường độ mưa tính toán đóng vai trò rất quan trọng trong việc tính toán lưu lượng mưa thiết kế, phục vụ có hiệu quả cho công tác thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa đô thị nói chung và thành phố Hà Nội nói riêng.

Tuy nhiên, vẫn còn một số tồn tại liên quan đến xác định cường độ mưa tính toán có thể kể đến như: (i) Công thức tính toán cường độ mưa được thiết lập thông qua các biến là chu kỳ lặp lại ( $P$ ) và thời gian mưa ( $t$ ). Trong thời gian qua, số lượng các trạm đo mưa và hầu hết các trạm khí tượng đều quan trắc bằng máy tự ghi nhưng việc chỉnh lý và tổng hợp số liệu lượng mưa ngày lớn nhất hàng năm và cường độ mưa lớn nhất trung bình các thời đoạn tại các trạm khí tượng và đo mưa gần như chưa được thực hiện. (ii) Việc lựa chọn phân bố xác suất để thiết lập mối quan hệ cường độ mưa- thời gian - tần suất (IDF) trong công thức tính toán cường độ mưa thường được mặc định bởi một vài phân phối có sẵn. (iii) Công thức tính lưu lượng mưa trong TCVN 7957 áp dụng công thức cường độ mưa theo phương pháp cường độ giới hạn, phương pháp này có sai số lớn hơn nhiều so với thực tế. (iv) Đối với các công thức hiện có, đa phần các nhà nghiên cứu hiện nay đang ứng dụng dạng công thức của Liên Xô cũ với các thông số của công thức được tính toán dựa trên phương pháp ước lượng số liệu đo mưa trong khoảng dưới 20 năm, có nơi dưới 10 năm là hạn chế so với độ dài thông thường của chuỗi số liệu (20-30 năm) để nắm bắt được các chu kỳ nền trong đặc trưng biến đổi lượng mưa. Ngoài ra, các hằng số khí hậu trong công thức cường độ mưa được thiết lập dựa trên bộ số liệu từ những năm 80 của thế kỷ XX không còn phù hợp với thực trạng thoát nước hiện nay, khi những trận mưa thời đoạn ngắn với cường độ lớn xuất hiện ngày càng nhiều.

Trong bối cảnh thành phố Hà Nội có nhiều biến động như hiện nay về cơ sở hạ tầng, mật độ và lượng mưa, cần có những nghiên cứu về cường độ mưa vừa mang tính kế thừa, vừa cập nhật những điều kiện mới nhằm tăng cường độ tin cậy, tính chính xác và giá trị thực tiễn để phục vụ công tác quy hoạch, thiết kế thoát nước mưa đô thị, phù hợp với các mục tiêu về hạ tầng trong Quy hoạch chung xây dựng Thủ đô đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt. Với những phân tích nêu trên, đề tài **“Xác định cường độ mưa tính toán trong thiết kế thoát nước mưa thành phố Hà Nội”** có tính cấp thiết và giá trị thực tiễn cao.

## **2. Mục tiêu nghiên cứu**

Mục tiêu chung: Nghiên cứu xác định công thức cường độ mưa nhằm nâng cao độ chính xác và tin cậy trong tính toán thiết kế hệ thống thoát nước mưa thành phố Hà Nội.

Mục tiêu cụ thể:

- Phân tích và lựa chọn được hàm phân phối xác suất mưa phù hợp nhất.
- Xây dựng được đường cong quan hệ Cường độ - Thời gian – Tần suất (IDF).
- Xác định được các hằng số khí hậu trong công thức cường độ mưa.
- Đánh giá được khả năng ứng dụng công thức nghiên cứu vào thực tế.

## **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

- Đối tượng nghiên cứu: Cường độ mưa tính toán
- Phạm vi nghiên cứu: Theo không gian là thành phố Hà Nội và theo thời gian số liệu được cập nhật đến thời điểm hiện nay năm 2023.

## **4. Phương pháp nghiên cứu**

Luận án đã kế thừa có chọn lọc các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước, kết hợp với sử dụng các phương pháp nghiên cứu vừa truyền thống, vừa hiện đại như phương pháp điều tra thu thập và đánh giá, phương pháp phân tích tổng hợp, phương pháp toán học, phương pháp mô hình toán và phương pháp chuyên gia.

## **5. Nội dung nghiên cứu**

- Phân tích lựa chọn hàm phân phối xác suất phù hợp với số liệu mưa mới nhất.

- Xây dựng quan hệ IDF cho khu vực Thành phố Hà Nội.
- Xác định các hằng số (tham số) khí hậu trong công thức cường độ mưa theo phương pháp hồi quy toán học.
- Đánh giá khả năng áp dụng công thức luận án vào thực tế.

## **6. Kết quả nghiên cứu**

- Phân tích và lựa chọn được hàm phân phối xác suất Gumbel là phù hợp nhất với khu vực thành phố Hà Nội.
- Đã xây dựng được họ đường quan hệ Cường độ mưa – Thời gian mưa – Tần suất mưa (IDF) cho các lượng mưa đặc trưng (5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1440 phút) ở Hà Nội theo số liệu mưa được cập nhật đến năm 2023.
- Đã xác định được bộ tham số khí hậu ( $A, C, b, n$ ) mới cho công thức cường độ mưa tính toán được lựa chọn, lần lượt là (2003, 0.598, 5, 0.602) và (2320, 0.655, 9, 0.633) cho hai trạm khí tượng Láng và Hà Đông.
- Đánh giá được độ tin cậy của bộ tham số bằng phương pháp sai số quân phương và hệ số tương quan.
- Đã đánh giá được khả năng ứng dụng vào thực tế công thức cường độ mưa của luận án trong tính toán mạng lưới thoát nước thực tế ở Hà Nội thông qua so sánh với kết quả tính toán bằng mô hình thoát nước đô thị MIKE URBAN.

## **7. Những đóng góp mới của đề tài**

- Lựa chọn được hàm phân phối xác suất phù hợp để xây dựng đường tần suất mưa sát với thực tế nhất.
- Xây dựng được mối quan hệ IDF cho khu vực Thành phố Hà Nội theo số liệu mưa được cập nhật bổ sung mới nhất đến năm 2023.
- Xác định được bộ tham số khí hậu tối ưu của công thức tính cường độ mưa tính toán cho Thành phố Hà Nội.

## **8. Ý nghĩa khoa học của đề tài**

- Góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học cho việc lựa chọn hàm mật độ phân bố xác suất phù hợp với lượng mưa thời đoạn ngắn để làm cơ sở cho việc thiết lập mối quan hệ quan hệ IDF và xây dựng công thức cường độ mưa tính toán.

- Góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học và phương pháp xác định các tham số cho công thức cường độ mưa sử dụng quan hệ IDF. Góp phần cung cấp cơ sở khoa học xác định cường độ mưa tính toán trong thiết kế thoát nước mưa Thành phố Hà Nội.
- Kết quả nghiên cứu của luận án có thể được ứng dụng trong công tác quy hoạch, thiết kế các hệ thống tiêu thoát nước mưa khu vực dân cư, đô thị Thành phố Hà Nội.
- Kết quả nghiên cứu của luận án có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo trong các công tác nghiên cứu chuyên môn.

## **CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN**

### **1.1 Tổng quan về cường độ mưa tính toán**

#### **1.1.1 Khái niệm**

Cường độ mưa thường được định nghĩa là độ sâu lớp nước mưa rơi trong một đơn vị thời gian. Mỗi trận mưa được đặc trưng bởi hai giá trị chính gồm lượng nước mưa rơi xuống quan trắc được qua các thiết bị đo đạc và thời gian mưa. Cường độ mưa trung bình lớn nhất trong khoảng thời gian tính toán  $t$  nào đó được xác định bằng tỷ số giữa lượng mưa lớn nhất đo được với thời gian mưa. Trong tính toán thiết kế nói chung người ta thường quan tâm đến giá trị tần suất hay độ lặp lại của các hiện tượng. Vì vậy có xét thêm yếu tố tần suất tính toán ( $p\%$ ) trong công thức tính cường độ mưa sẽ cho kết quả về cường độ mưa tính toán.

#### **1.1.2 Công thức cường độ mưa tính toán**

##### *1.1.2.1 Công thức cường độ mưa tính toán trên thế giới*

Công thức cường độ mưa tính toán là khá đa dạng trên thế giới. Sự đa dạng của các công thức cường độ mưa là do sự khác nhau về các lập luận khí tượng cho việc tính toán cống, kênh tiêu nước mưa và sự phụ thuộc của các yếu tố khí tượng thủy văn của từng vị trí tính toán. Một số các công thức cường độ mưa tính toán phổ biến trên thế giới như: Công thức của Gorbachev; Công

thức của viện thủy văn quốc gia (Liên Xô cũ); Công thức của Viện Hàn lâm khoa học Leningrad; Công thức cường độ mưa tại Mỹ, Anh, Nhật Bản, Đức, Trung Quốc...

#### *1.1.2.2 Công thức cường độ mưa tính toán thường dùng ở Việt Nam*

Tại Việt Nam, các công thức cường độ mưa tính toán được sử dụng khá phổ biến bởi do đặc thù về mạng lưới trạm đo mưa là khá thưa thớt, độ dài dữ liệu không lớn và đảm bảo để áp dụng các phương pháp tính toán khác. Một số công thức cường độ mưa tính toán như: Công thức trong TCVN 7957; Công thức của cục Thủy văn cũ; Công thức của Viện thiết kế - Bộ GTVT; Công thức của trường Đại học Xây dựng Hà Nội... Qua phân tích các công thức trên thấy rằng các yếu tố chi phối đến giá trị các tham số này luôn có sự biến đổi. Ngoài ra, đối với các công thức hiện có, đa phần các nhà nghiên cứu hiện nay đang ứng dụng dạng công thức của Liên Xô cũ với các thông số của công thức được tính toán dựa trên phương pháp ước lượng số liệu đo mưa trong khoảng dưới 20 năm, có nơi dưới 10 năm. Thêm vào đó, các hằng số khí hậu được thiết lập dựa trên bộ số liệu từ những năm 80 của thế kỷ XX không còn phù hợp với thực trạng thoát nước hiện nay, khi những trận mưa thời đoạn ngắn với cường độ lớn xuất hiện ngày càng nhiều.

### **1.2 Tổng quan về đường cong quan hệ IDF**

#### **1.2.1 Khái niệm**

Đường cong IDF được dùng để biểu thị mối quan hệ cường độ, thời đoạn và tần suất mưa. Đây là một đặc trưng quan trọng được sử dụng để xác định cường độ mưa trong thời đoạn nào đó (5 phút, 10 phút, 30 phút, 45 phút,...) theo tần suất hoặc chu kỳ lặp lại (2 năm, 5 năm, 10 năm,...) phục vụ tính toán dòng chảy thiết kế cho các công trình tiêu thoát nước và quy hoạch đô thị.

#### **1.2.2 Các nghiên cứu liên quan đến đường cong quan hệ IDF**

Ý tưởng xây dựng quan hệ cường độ mưa – thời đoạn – tần suất đã có từ rất lâu, Bernard (1932) và được phát triển rộng rãi trên toàn thế giới [41]. Việc nghiên cứu IDF được thể hiện ở ba giai đoạn chính gồm: (1) Cập nhật lượng mưa các thời đoạn và tính toán tần suất; (2) Xây dựng hệ thống đường cong

và mối quan hệ toán học được thể hiện qua công thức IDF; (3) Tính chất phân bố không gian của IDF. Sản phẩm của những nghiên cứu này là những bản đồ về cường độ mưa để ứng dụng vào thực tế và các giáo trình và tài liệu tham khảo Chow, 1964; Linsley & Cs, 1975; Chow & Cs, 1988 [48], [49]; Viessman & Cs, 1989 [77]; Wanielista, 1990; Smith, 1993. Tại Anh và Ireland, Viện Thủy văn (NERC, 1975) [79]; Ấn Độ (UNESCO, 1974; Subramanya, 1984) [71]; Sri Lanka (Baghirathan & Shaw, 1978); Italy (Pagliara and Viti, 1993); Koutsoyiannis & Cs (1998) [58]; Jakarta (Daniell T. Tabios G.Q, 2008) [51]; New York (Eagleson P.S, 1970) [53]; London (Escritt L.B, 1972) [54]; Benzedden E., Hacısuleyman H, 2003 [40]; Bougadis J., Adamowski K, 2006 [43]; Burlando P., Rosso R, 1996 [44]; Canterford, R.P.& Cs, 1987 [45]; Cheng L. AghaKouchak A, 2014 [47]; Cao C., Piga E., Saba A, 1993 [50]; Martel J.L.; Brisette F.P., Picher P.L., Troin M., Arsenault R., 2021 [65]; Miller J.F., Frederick R.H., Tracey R.J, 1973 [66]; Ologadien I, 2019 [68]; Sun Y., Wendi D., Kim D.E., Liong S.-Y, 2019 [72]. Trong thời gian gần đây, sự phân bố không gian của IDF còn được thể hiện thông qua các tham số có tính chất địa lý của một hàm toán học thể hiện mối quan hệ IDF [60], [61], [62], [63], [73]. Đối với các vùng không có hoặc có ít số liệu mưa, các nghiên cứu thường sử dụng cách tiếp cận như bản đồ đẳng trị mưa (Hershfield, 1961), [56].

Tại Việt Nam, quan hệ IDF đã được ứng dụng khá phổ biến trong tính toán thiết kế và các nghiên cứu về xây dựng đường quan hệ IDF cũng đã được tiến hành từ khá lâu. Đường cong quan hệ IDF được giới thiệu rộng rãi trong các sách và giáo trình của các trường đại học như: “Tính toán Thủy văn” của Trường Đại học Thủy lợi (1985) [24]; “Tính toán Thủy văn cho các công trình thủy lợi vừa và nhỏ” của GS.TS Ngô Đình Tuấn & PGS.TS Đỗ Cao Đàm (1986) [25]. Đồng thời quan hệ IDF cũng được sử dụng trong các Quy phạm và tiêu chuẩn tính toán của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn như QPVN-08-76, QP-TL.C-6-77; Tiêu chuẩn ngành 22TCN 220 - 1995 của Bộ Giao thông Vận tải; Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7957:2008 về thoát nước và mạng lưới thoát nước, và các tài liệu tham khảo liên quan khác.

### **1.3 Thực trạng sử dụng công thức cường độ mưa tính toán**

Hiện nay tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7957 vẫn đang được sử dụng khá rộng rãi trong tính toán thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa đô thị. Tuy nhiên bên cạnh đó vẫn còn một số tồn tại khi sử dụng các công thức thực nghiệm này. Cụ thể, công thức xác định lưu lượng mưa trong TCVN 7957 đang áp dụng phương pháp tính cường độ giới hạn, phương pháp này đã được một số nghiên cứu chỉ ra rằng có sai số lớn hơn nhiều so với thực tế. Ngoài ra, đối với các công thức hay sử dụng ở nước ta thường ứng dụng các dạng công thức học tập từ Liên Xô cũ. Trong đó, dữ liệu để xây dựng các thông số này trong khoảng dưới 20 năm hoặc có nơi là dưới 10 năm. Do vậy khi áp dụng các công thức vào hiện trạng đặc điểm khí tượng thủy văn hiện nay là chưa phù hợp. Do các hằng số khí hậu được thiết lập dựa trên bộ số liệu cũ đã không còn đúng với ngày nay. Ngoài ra, do tác động của biến đổi khí hậu ở các đô thị lớn như Hà Nội mà các đặc trưng về mưa như cường độ, tần suất và thời lượng đã có sự biến động.

Bên cạnh đó, qua phân tích các nghiên cứu có thể thấy phần lớn các nghiên cứu về xây dựng cường độ mưa tính toán hiện nay đang sử dụng một vài hàm phân bố xác suất có sẵn như các hàm phân bố Pearson III, Log-Pearson III, Log-normal, Gumbel... Việc lựa chọn hàm phân bố xác suất phù hợp sẽ có ảnh hưởng lớn đến kết quả hình thành công thức cường độ mưa tính toán. Tuy nhiên không có nhiều nghiên cứu thực hiện việc lựa chọn hàm phân bố phù hợp nhất với các vị trí tính toán trên cơ sở so sánh các hàm phân bố có sử dụng các chỉ tiêu kiểm định.

### **1.4 Các nghiên cứu liên quan đến công thức cường độ mưa tính toán**

#### **1.4.1 Các nghiên cứu trên thế giới**

Các nghiên cứu liên quan đến công thức cường độ mưa tính toán trong thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa đô thị đã được nhiều tác giả quan tâm thực hiện trên thế giới [80], [46], [75], [69], [70]. Qua phân tích thấy rằng các nghiên cứu thường tập trung vào khai thác tối đa các nguồn dữ liệu lượng mưa đang có trong khu vực để xây dựng công thức tính toán, điều này giúp gia tăng độ

chính xác khi mà phần lớn các công thức đều dựa vào đặc điểm về mưa và khí hậu khu vực. Ngoài ra, cũng có thể thấy các công thức thực nghiệm thể hiện quan hệ IDF cho khu vực không có số liệu quan trắc thường được xây dựng dựa trên đường cong quan hệ IDF thiết lập cho các trạm hay vị trí có đo đạc số liệu mưa đủ dài.

#### **1.4.2 Các nghiên cứu ở Việt Nam**

Trong hai thập kỉ vừa qua, đã có một số tác giả thực hiện nghiên cứu có sử dụng các công thức cường độ mưa tính toán trong thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa đô thị ở Việt Nam như các nghiên cứu [7], [10], [8], [74]. Qua phân tích các nghiên cứu ở Việt Nam có sử dụng các công thức thực nghiệm cường độ mưa tính toán thấy rằng phần lớn các nghiên cứu có sử dụng các công thức kinh nghiệm tính toán cường độ mưa và chủ yếu mang tính áp dụng các công thức là chính. Trong khi đó, không có nhiều nghiên cứu độc lập tập trung vào xây dựng hay cải tiến các công thức xác định cường độ mưa tính toán khi mà phần lớn các công thức thực nghiệm được xây dựng dựa trên chuỗi tài liệu trong quá khứ và các hệ số trong công thức cũng không còn phù hợp trong ngày nay.

### **1.5 Giới thiệu chung về thành phố Hà Nội**

#### **1.5.1 Vị trí địa lý và đặc điểm tự nhiên**

Hà Nội có vị trí địa lý từ  $20^{\circ}53'$  đến  $21^{\circ}23'$  vĩ độ Bắc và  $105^{\circ}44'$  đến  $106^{\circ}02'$  kinh độ Đông, tiếp giáp với các tỉnh Thái Nguyên - Vĩnh Phúc ở phía Bắc; Hà Nam - Hòa Bình ở phía Nam; Bắc Giang- Bắc Ninh- Hưng Yên ở phía Đông và Hòa Bình- Phú Thọ ở phía Tây. Nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa, khí hậu Hà Nội có đặc trưng nổi bật là gió mùa ẩm, nóng và mưa nhiều về mùa hè, lạnh và ít mưa về mùa đông. Trung bình hàng năm Hà Nội có 145-180 ngày mưa, dao động trong phạm vi từ 1.500 – 2.100 mm ở vùng thấp và từ 1.600 – 2.600 mm ở vùng núi cao. Mưa tại Hà Nội chịu sự chi phối của hệ thống các hoàn lưu khí quyển. Nguyên nhân gây mưa chủ yếu là do bão, áp thấp nhiệt đới, hoạt động của gió mùa Tây Nam hoặc Đông Nam, bão kết hợp với không khí lạnh và xoáy thuận tầng cao.

### **1.5.2 Hiện trạng hệ thống thoát nước mưa và tình hình ngập lụt**

Trên địa phận Hà Nội còn nhiều sông khác như sông Đáy, sông Đuống, sông Cầu, sông Cà Lồ... Các sông nhỏ chảy trong khu vực nội thành như sông Tô Lịch, sông Sét, sông Lừ và sông Kim Ngưu có thể xem là những đường tiêu thoát nước tự nhiên của thành phố Hà Nội. Hiện nay hướng thoát nước chính của lưu vực sông Tô Lịch vẫn thoát tự chảy vào sông Nhuệ thông qua đập Thanh Liệt với lưu lượng  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  và khi mực nước sông Nhuệ thấp dưới mức  $+3,5 \text{ m}$ . Khi mực nước sông Nhuệ cao hơn  $3,5 \text{ m}$  thì dòng chảy của lưu vực phải thoát ra sông Hồng nhờ cụm công trình tiêu và trạm bơm Yên Sở [15]. Trong những năm gần đây, trước sự biến đổi bất thường của thời tiết đã xuất hiện mưa lớn kéo dài, lượng mưa vượt quá tần suất thiết kế. Mặc dù các công trình thủy lợi đã hoạt động hết công suất cùng với sự phối hợp chặt chẽ của công tác chỉ đạo phòng chống lũ lụt nhưng tình trạng ngập úng vẫn diễn ra trên diện rộng.

### **1.5.3 Mạng lưới trạm quan trắc mưa và tình hình số liệu**

Các trạm đo các yếu tố khí hậu và mưa trong hệ thống và khu vực lân cận có khá nhiều như trạm Ba Vì, Sóc Sơn, Kim Anh, Mê Linh, Tiên Phong, Đông Anh và Phúc Lộc, Láng, Phủ Lý, Đập Đáy, Hà Đông, Thường Tín, Đồng Quan, Phú Xuyên, Thanh Oai, Vân Đình (Hình 1.7). Hầu hết các trạm đều có tài liệu từ năm 1960 đến nay (một số trạm có tài liệu dài hơn từ năm 1936 đến nay).

### **1.5.4 Đặc điểm kinh tế và xã hội**

Hà Nội là thành phố trực thuộc trung ương có diện tích lớn nhất Việt Nam, đồng thời cũng là thành phố đông dân thứ hai và có mật độ dân số cao thứ hai trong 63 đơn vị hành chính cấp tỉnh của Việt Nam và là trung tâm chính trị, kinh tế, xã hội, văn hóa của cả nước.

## **1.6 Những vấn đề tồn tại cần nghiên cứu của luận án**

Qua phân tích các công thức cường độ mưa tính toán thường sử dụng ở Việt Nam có thể nhận thấy các công thức đều có các tham số phụ thuộc vào tính chất đặc thù của từng địa phương như đặc điểm khí hậu, vị trí địa lý, đặc trưng mưa... Đa phần các công thức hiện nay đều đưa ra phụ lục bảng tra cho từng

địa phương với từng tham số. Tuy nhiên cũng không thể phủ nhận rằng các tham số này cũng cần được cập nhật do những biến động của các yếu tố chi phối đến giá trị các tham số này như đã phân tích ở trên.

## **CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC XÁC ĐỊNH CÔNG THỨC CƯỜNG ĐỘ MƯA TÍNH TOÁN**

### **2.1 Cơ sở pháp lý**

#### **2.1.1 Luật liên quan đến thoát nước mưa đô thị**

Luật Quy hoạch đô thị số 30/2009/QH12; Luật Tài nguyên nước số 28/2002/QH10; Luật Bảo vệ Môi trường số 72/2017/QH14; Luật Khí tượng thủy văn số 90/2015/QH13; Luật Phòng chống thiên tai số 33/2013/QH13.

#### **2.1.2 Nghị định, hướng dẫn về thoát nước và môi trường**

Nghị định số 98/2019/NĐ-CP; Nghị định số 08/2022/NĐ-CP; Nghị định số 68/2022/NĐ-CP.

#### **2.1.3 Hệ thống chính sách, văn bản về thoát nước và môi trường**

Quyết định số 1259/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về Phê duyệt quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050; Quyết định số 725/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ngày 10 tháng 5 năm 2013 về Phê duyệt quy hoạch thoát nước Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050; Quyết định số 589/QĐ-TTg ngày 06 tháng 4 năm 2016 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt điều chỉnh Định hướng phát triển thoát nước đô thị và khu công nghiệp Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2050; Quyết định số 379/QĐ-TTg ngày 17 tháng 3 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chiến lược Quốc gia phòng, chống thiên tai đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

### **2.2 Cơ sở lý thuyết**

#### **2.2.1 Lý thuyết xác suất và thống kê trong khí tượng thủy văn**

Lý thuyết cơ sở về xác suất và thống kê ứng dụng trong khí tượng thủy văn bao gồm các khái niệm như tần suất, tần suất lũy tích, số trung bình, phương

sai mẫu, độ lệch mẫu, sai số quân phương, hệ số phân tán, hệ số thiên lệch. Tiếp đến là lý thuyết về các đường tần suất kinh nghiệm và lý luận... lần lượt được trình bày và phân tích trong luận án.

### **2.2.2 Lý thuyết về hàm mật độ xác suất và phân phối lũy tích**

Trong toán học, hàm mật độ xác suất (PDF) dùng để biểu diễn một phân bố xác suất theo tích phân. Một cách không chính thức, hàm mật độ xác suất có thể được coi là phiên bản được làm mịn của một biểu đồ tần số. Trong lý thuyết xác suất, hàm phân phối tích lũy (CDF) mô tả đầy đủ phân phối xác suất của một biến ngẫu nhiên giá trị thực.

### **2.2.3 Một số đặc trưng quan trọng của đại lượng ngẫu nhiên**

Một số đặc trưng quan trọng của đại lượng ngẫu nhiên gồm: Kỳ vọng là trung bình có trọng số của tất cả các giá trị có thể nhận của đại lượng đó, hay là được tính bằng tổng các tích giữa xác suất xảy ra của mỗi giá trị có thể của đại lượng với giá trị đó. Phương sai đo sự phân tán thống kê của đại lượng đó, nó hàm ý các giá trị của đại lượng đó thường ở cách giá trị kỳ vọng bao xa. Độ lệch chuẩn dùng để đo mức độ phân tán của các giá trị. Độ xiên đo lường mức độ mức độ bất đối xứng của phân phối xác suất của một biến ngẫu nhiên.

### **2.2.4 Lý thuyết lựa chọn hàm phân bố mật độ xác suất**

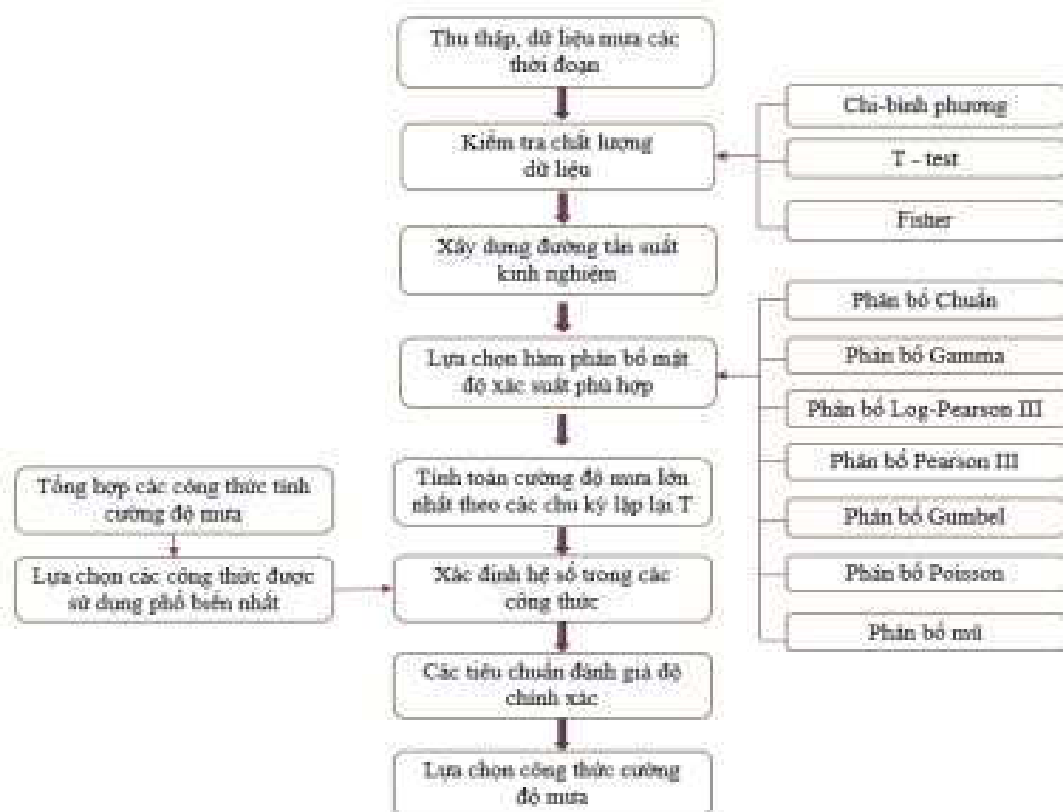
Do hạn chế về dung lượng mẫu trong nghiên cứu các hiện tượng khí tượng thủy văn, ví dụ như lượng mưa, các phân phối lý thuyết được sử dụng để xấp xỉ số liệu thực nghiệm, thực chất là lý tưởng hoá tập số liệu thực nghiệm, coi kết quả thực nghiệm là kết quả của một số công thức toán học. Vì vậy, thông thường, sau khi xây dựng hàm phân phối thực nghiệm cần nghiên cứu, đánh giá, xem xét, lựa chọn phân phối lý thuyết sao cho nó phù hợp nhất với phân phối thực nghiệm. Một số hàm phân phối thường hay sử dụng như Chuẩn, Log chuẩn, Mũ, Gamma, Pearson III, Log-Pearson III, Kritsky-Menken, Gumbel...

### **2.2.5 Lý thuyết về xác định cường độ mưa tính toán**

Phương pháp xác định cường độ mưa được xây dựng dựa theo 08 bước cơ bản, bao gồm 05 bước xây dựng đường cong IDF và 03 bước xác định công thức tính toán cường độ mưa. Hình 2.1 mô tả quá trình xây dựng đường cong IDF

và xác định công thức cường độ mưa trong luận án.

Hình 2.1. Quá trình xây dựng đường cong IDF và xác định công thức cường



độ mưa

## 2.3 Cơ sở thực tiễn

### 2.3.1 Ứng dụng quan hệ IDF trong quy hoạch phát triển đô thị

Quan hệ IDF được ứng dụng phổ biến ở tất cả các lĩnh vực, phục vụ trực tiếp cho việc tính toán thủy văn thủy lực các công trình dân dụng, thủy lợi, giao thông, thoát nước... Quan hệ IDF cơ bản được thể hiện ở 03 dạng phổ biến là (1) đường cong quan hệ IDF; (2) bản đồ phân bố cường độ mưa; (3) các công thức xác định cường độ mưa tính toán. Phần lớn các quốc gia phát triển trên thế giới hiện nay đều khuyến cáo xây dựng đường cong quan hệ IDF vào tính toán lưu lượng dòng chảy phục vụ thiết kế. Xây dựng được quan hệ IDF sẽ góp phần tăng tính chính xác khi tính toán cường độ mưa thiết kế. Tuy nhiên, các hướng dẫn kỹ thuật của các nước cũng chỉ rõ phương pháp này chỉ phù hợp với các khu vực, vị trí có quan trắc lượng mưa thời đoạn ngắn đủ dài.

### **2.3.2 Ứng dụng công thức cường độ mưa trong thiết kế hệ thống thoát nước mưa đô thị**

Các công thức thực nghiệm về tính toán cường độ mưa thiết kế đều được trình bày trong các hướng dẫn kỹ thuật về tính toán tiêu thoát nước mưa đô thị của các quốc gia. Việc sử dụng các công thức này vẫn rất phổ biến trên thế giới hiện nay do thỏa mãn được các yêu cầu về tài liệu và số liệu mưa quan trắc. Điều này chứng minh rằng thực tiễn hiện nay rất cần xây dựng các công thức thực nghiệm xác định cường độ mưa tính toán có độ tin cậy và chính xác cao.

## **CHƯƠNG 3: XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ MƯA TÍNH TOÁN TRONG THIẾT KẾ THOÁT NƯỚC MƯA CHO THÀNH PHỐ HÀ NỘI**

### **3.1 Tính toán, phân tích, so sánh, lựa chọn phân phối xác suất**

Luận án minh họa việc lựa chọn xây dựng đường cong IDF từ số liệu đo mưa thời đoạn 5 phút tại Trạm Láng (Hà Nội) bằng cách sử dụng các phân phối Pearson III, Log-Pearson III, Gumbel và so sánh đánh giá kết quả.

#### **3.1.1 Xây dựng tần suất kinh nghiệm**

Dựa trên số liệu đo mưa thời đoạn 5 phút tại trạm Láng từ 1961 đến 2023, số liệu lượng mưa lớn nhất thời đoạn trong năm được lựa chọn để xây dựng tần suất kinh nghiệm. Sau đó dãy số liệu được sắp xếp theo thứ tự giảm dần và quy đổi về lượng mưa trong 1 giờ và áp dụng công thức vọng số của Weibull và Kritsky-Menken.

#### **3.1.2 Phân phối Pearson III**

Áp dụng phân phối Pearson III, từ số liệu đo mưa xác định được trung bình mẫu  $\bar{R} = 16.203 \text{ mm}$ , độ lệch mẫu  $s = 4.801 \text{ mm}$ , độ xiên  $C_s = 0.414$ . Sử dụng bảng hệ số tần suất và hệ số bất đối xứng để tìm các giá trị  $K$  cho các thời gian lặp lại 2 năm, 5 năm, 10 năm, 25 năm, 50 năm, và 100 năm.

#### **3.1.3 Phân phối Log-Pearson III**

Để sử dụng phân phối Log-Pearson III, trước hết tính log của số liệu đo mưa trong 5 phút và tính được các số đặc trưng ứng với bộ số liệu đã được lôgarit hoá gồm trung bình mẫu  $\bar{y} = 1.190$ , độ lệch mẫu  $s = 0.134$ , và độ xiên  $C_s = -0.361$ . Sau đó tính được giá trị K ứng với các thời gian lặp lại và hệ số bất đối xứng.

### 3.1.4 Phân phối Gumbel

Các giá trị đặc trưng của phân phối Gumbel gồm trung bình  $\mu = \beta - 0.5772\alpha$ , độ lệch chuẩn  $\sigma = \alpha \cdot \sqrt{1.645}$ , độ xiên  $C_s = 1.1396$ . Dựa trên số liệu đo mưa 5 phút, tính được trung bình mẫu  $\bar{R} = 16.203 \text{ mm}$ , độ lệch mẫu  $s = 4.801 \text{ mm}$ . Áp dụng công thức tính theo phân phối Gumbel  $R = \bar{R} + K \cdot s$ . Giá trị của K được lấy trong trường hợp n rất lớn. Điều này không phù hợp vì số liệu khí tượng thuỷ văn thường có dung lượng nhỏ. Do đó việc lấy giá trị của K tương ứng với số phần tử của chuỗi số liệu là quan trọng.

### 3.1.5 So sánh

Tiếp theo, cường độ mưa ứng với thời đoạn 5 phút theo các phân phối nêu trên được so sánh với các giá trị kinh nghiệm. Để kiểm tra tính phù hợp, kiểm định Chi-bình phương  $\chi^2$  được sử dụng với bậc tự do  $\nu = 3$ , mức ý nghĩa của kiểm định là 5%. Kết quả so sánh cho thấy cả 3 phân phối đều phản ánh tương đối sát tần suất kinh nghiệm. Các giá trị của kiểm định theo các phân phối Gumbel, Pearson III, Log-Pearson III lần lượt là 2.435, 5.111, và 4.306 đều nhỏ hơn giá trị tới hạn 7.815. Kết luận phân phối Gumbel cho giá trị kiểm định nhỏ nhất, vì vậy thể hiện kết quả tốt nhất

## 3.2 Xác định cường độ mưa tính toán cho trạm Láng

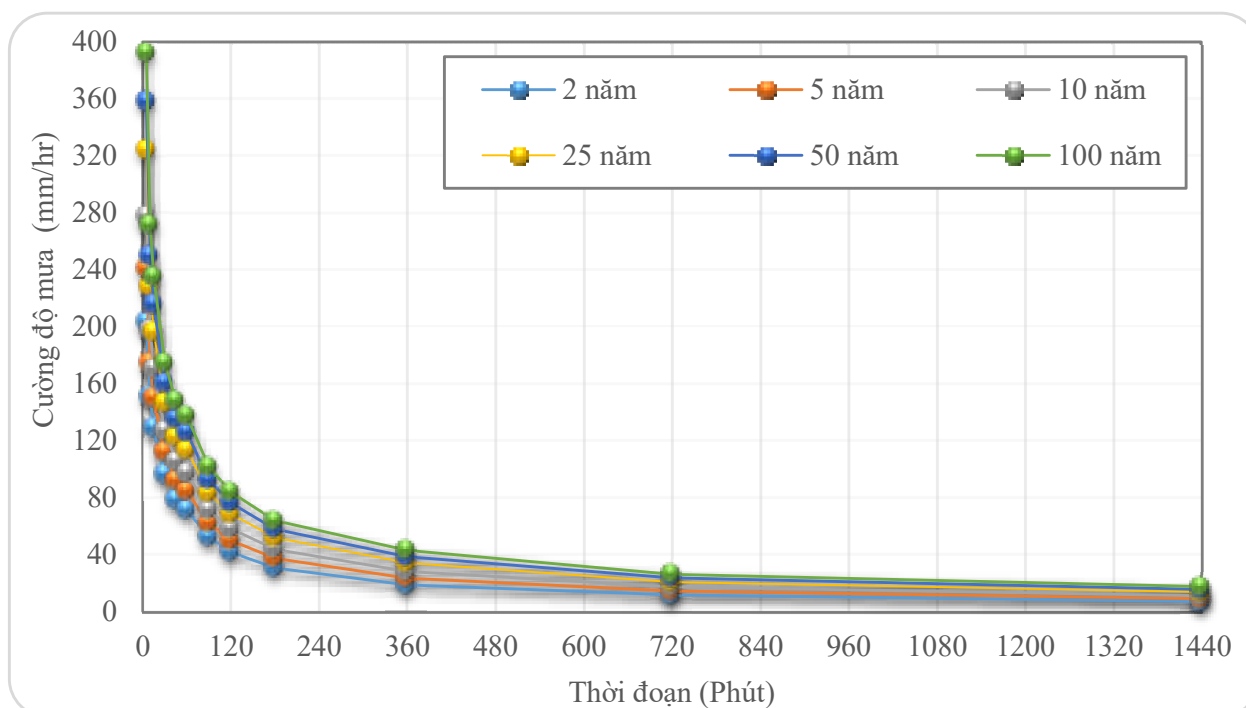
### 3.2.1 Tính cường độ mưa các thời đoạn

Cường độ mưa các thời đoạn 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1440 phút với các chu kỳ lặp lại 2, 5, 10, 25, 50, 100 năm lần lượt được xác định sử dụng các phân phối xác suất Pearson III, Log-Pearson III, Gumbel. Kiểm định sự phù hợp Chi-bình phương được sử dụng và xác định được phân phối Gumbel là phù hợp nhất.

### 3.2.2 Xây dựng quan hệ IDF cho trạm Láng

Trên cơ sở các số liệu tính toán tần suất mưa ứng với các thời đoạn khác nhau nêu trên và các thời kì lặp lại tương ứng, luận án xây dựng được quan hệ IDF cho trạm khí tượng Láng tại Hà Nội như hình vẽ bên dưới.

Hình 3.1. Đường cong quan hệ IDF trạm Láng



### 3.2.3 Xác định công thức cường độ mưa cho trạm Láng

Trên cơ sở xác định được các giá trị cường độ mưa thời đoạn ngắn và thời gian lặp lại tương ứng trong đường cong quan hệ IDF, cùng với dạng công thức cường độ mưa tổng quát được lựa chọn, luận án đã xây dựng được công thức cường độ mưa tính toán cho trạm Láng. Trong đó các tham số trong công thức được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu và sử dụng phương pháp giảm gradient tổng quát phi tuyến tính (Generalized Reduced Gradient Nonlinear). Kết quả công thức xác định được như sau:

$$q = \frac{0.36 \times 2003 \times (1 + 0.598 \times \log P)}{(t_m + 5)^{0.602}} \quad (3.1)$$

Sau khi xây dựng được công thức, luận án tiến hành so sánh công thức mới với một số các công thức đã có như công thức trong TCVN 7957 và công thức của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (2019), sử dụng

sai số quân phương và hệ số tương quan. Kết quả cho thấy công thức luận án cho sai số quân phương là nhỏ nhất và hệ số tương quan cao nhất.

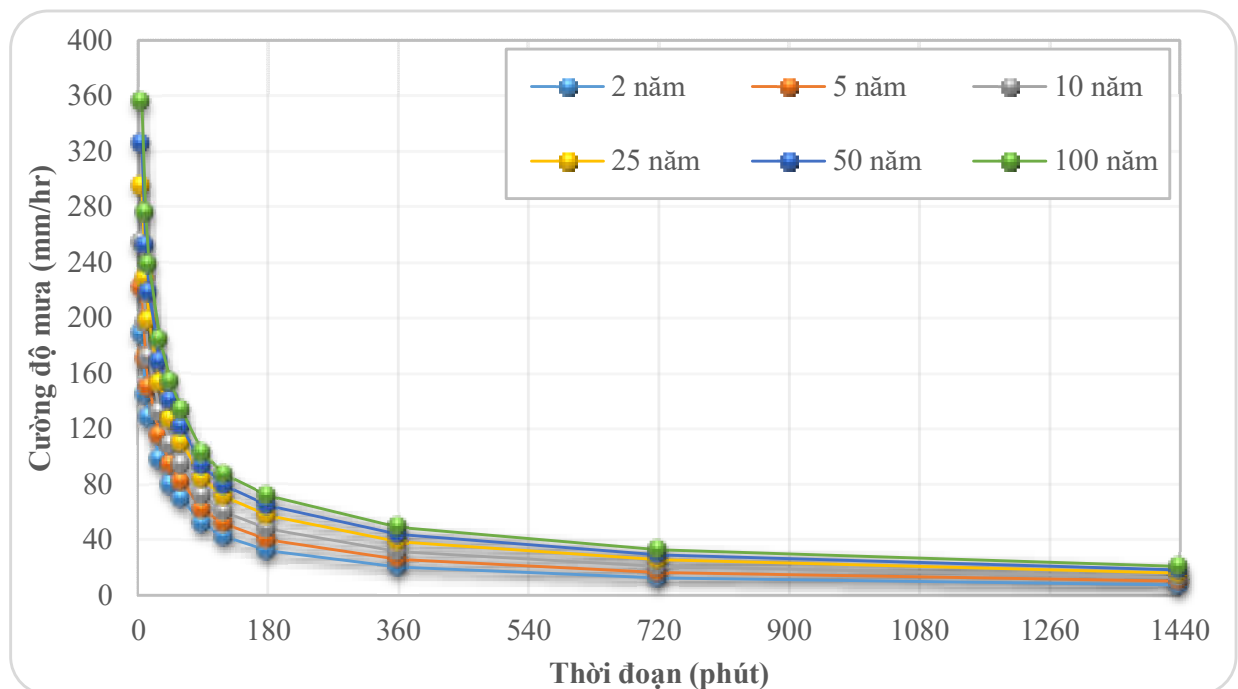
### 3.3 Xác định cường độ mưa tính toán cho trạm Hà Đông

#### 3.3.1 Tính cường độ mưa các thời đoạn

Tương tự với trạm khí tượng Hà Đông tại Hà Nội, cường độ mưa các thời đoạn 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1440 phút với các chu kì lặp lại 2, 5, 10, 25, 50, 100 năm lần lượt được xác định.

#### 3.3.2 Xây dựng quan hệ IDF cho trạm Hà Đông

Trên cơ sở các số liệu đã tính toán, xây dựng được quan hệ IDF cho trạm Hà Đông như hình ảnh dưới đây:



Hình 3.2. Đường cong quan hệ IDF trạm Hà Đông

#### 3.3.3 Xác định công thức cường độ mưa cho trạm Hà Đông

Dựa trên số liệu IDF đã xây dựng ở trên và sử dụng phương pháp gradient tổng quát phi tuyến tính, công thức cường độ mưa tính toán cho trạm Hà Đông xác định được như sau:

$$q = \frac{0.36 \times 2320 \times (1 + 0.655 \times \log P)}{(t_m + 9)^{0.633}}. \quad (3.2)$$

Công thức sau đó tiếp tục được so sánh đánh giá với các công thức khác trong TCVN 7957 và công thức của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (2019). Kết quả cho thấy công thức luận án cho sai số quân phương là nhỏ nhất và hệ số tương quan cao nhất.

### **3.4 Kết quả nghiên cứu của luận án**

Luận án đã tiến hành xây dựng công thức cường độ mưa tính toán dựa trên quan hệ IDF cho khu vực thành phố Hà Nội nhằm phục vụ tính toán tiêu thoát nước mưa. Qua đó đã đạt được một số kết quả đáng chú ý như sau: (1) xác định được hàm phân bố xác suất Gumbel là phù hợp nhất, phản ánh gần chính xác nhất quy luật biến đổi của các chuỗi số liệu quan trắc mưa thời đoạn ngắn tại hai trạm khí tượng Láng và Hà Đông. (2) Xây dựng được công thức cường độ mưa tính toán cho hai trạm Láng và Hà Đông bằng cách xác định các tham số thông qua đường cong quan hệ IDF. (3) Các công thức luận án được so sánh đánh giá với các công thức khác và xác định được công thức luận án có sự phù hợp hơn với số liệu từ đường cong IDF.

## **CHƯƠNG 4: ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CÔNG THỨC LUẬN ÁN**

### **4.1 Phương pháp mô hình toán và khu vực thử nghiệm**

#### **4.1.1 Phương pháp mô hình toán**

Mô hình toán có khả năng mô phỏng và tính toán các quá trình và hiện tượng từ quy mô nhỏ như cấp khu vực đến các quy mô lớn hơn như quốc gia hay toàn cầu [26]. Mô hình toán có nhiều ưu điểm hơn các mô hình vật lý bởi tính chính xác trong tính toán, chi phí rẻ, khả năng linh động và đa năng cao trong việc nghiên cứu, xây dựng các phương án hay kịch bản xảy ra. Mô hình toán thủy văn đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong quy hoạch, thiết kế và khai thác hiệu quả tài nguyên nước ở Việt Nam và thế giới do những tiến bộ về khoa học kỹ thuật, cụ thể là sự ra đời của các máy vi tính có tốc độ cao.

#### **4.1.2 Mô hình MIKE URBAN**

Hai mô hình SWMM và MIKE URBAN đang được sử dụng khá rộng rãi ở nước ta trong tính toán tiêu thoát nước mưa đô thị. Trong đó mô hình MIKE URBAN đã và đang thể hiện nhiều ưu điểm vượt trội về giao diện sử dụng, khả năng tính toán bao gồm tốc độ tính toán, mô phỏng linh hoạt dòng chảy một chiều trong cống kênh và hai chiều chảy tràn bề mặt, ngập lụt... Mô hình này cũng đã chứng minh được khả năng áp dụng cao do được sử dụng nhiều trong các đề tài và dự án lớn. Mô hình MIKE URBAN là một gói phần mềm mô phỏng cấp nước, tiêu thoát nước và ngập lụt đô thị do công ty DHI thuộc Viện nghiên cứu thủy lực Đan Mạch phát triển.

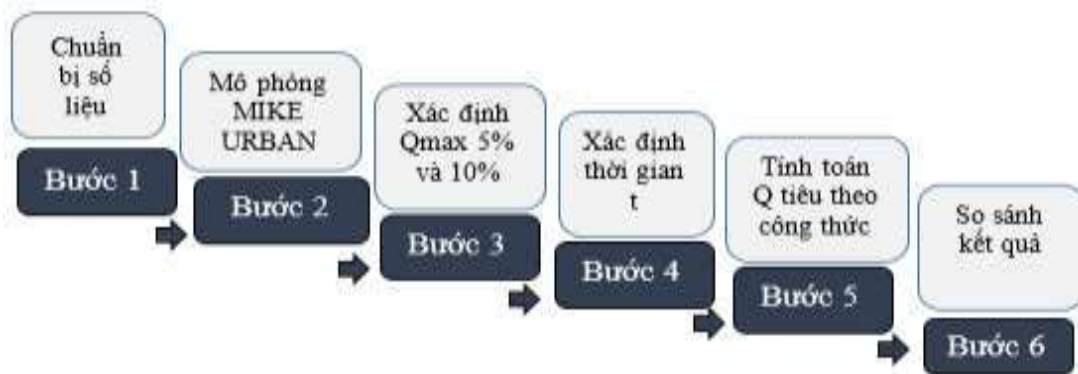
#### **4.1.3 Giới thiệu về khu vực thử nghiệm**

Lưu vực sông Tô Lịch diện tích khoảng 7.759 ha được chia thành 7 tiểu lưu vực nhỏ là Tô Lịch (2000 ha), Lừ (1020 ha), Sét (710 ha), Kim Ngưu (1.730 ha), Hoàng Liệt (810 ha), Yên Sở (550 ha) và hồ Tây (930 ha) gồm toàn bộ các quận Hoàn Kiếm, Ba Đình, Hai Bà Trưng, Đống Đa, một phần các quận Thanh Xuân, Hoàng Mai, Cầu Giấy. Trong đó, sông Kim Ngưu có tổng chiều dài vào khoảng 4.640 m, diện tích lưu vực là 1.730 ha. Hệ thống tiêu bao gồm các kênh Thanh Nhàn, Hoàng Mai, Mai Động, Kim Ngưu, Lĩnh Nam. Sông Kim Ngưu có hướng thoát nước đổ về ngã ba Dải Đò, sau đổ vào sông Tô Lịch, cao độ mực nước phụ thuộc vào cao độ mực nước sông Tô Lịch tại điểm nhập vào của sông Kim Ngưu.

### **4.2 Các bước thực hiện và chỉ tiêu đánh giá mô hình**

#### **4.2.1 Các bước thực hiện**

Các bước thực hiện áp dụng mô hình MIKE URBAN vào đánh giá khả năng ứng dụng của công thức luận án vào bài toán thực tế như sau:



Hình 4.1. Các bước thực hiện đánh giá hiệu quả ứng dụng công thức mới

#### 4.2.2 Chỉ tiêu đánh giá mô hình

Để đánh giá hiệu quả hay độ chính xác của mô hình người ta thường dùng các chỉ tiêu đánh giá gồm chỉ số NASH, sai số tuyệt đối và sai số về thời gian.

### 4.3 Thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE URBAN

#### 4.3.1 Lựa chọn khu vực thử nghiệm

Qua phân tích lưu vực tính toán như đã giới thiệu ở mục trên, luận án lựa chọn kênh tiêu số 300 là nhánh của kênh tiêu Trần Phú nằm ở bờ tả sông Kim Ngưu, thuộc địa phận quận Hoàng Mai, thành phố Hà Nội. Lưu vực kênh tiêu này có diện tích 106 ha là tuyến kênh tiêu nước cho khu đô thị Gamuda Gardens. Phân tích vị trí khu vực nghiên cứu và hệ thống cống tiêu thoát nhận thấy lưu vực 300 có diện tích không quá lớn, cùng với hệ thống cống và kênh tiêu không quá phức tạp, không chịu ảnh hưởng nhiều bởi các hệ thống tiêu thoát nước mưa khác trong khu vực nội đô thành phố Hà Nội và nằm không quá xa các trạm quan trắc khí tượng trên địa bàn thành phố. Ngoài ra, trong khu vực này hiện nay có một số vị trí quan trắc mực nước, đây là nguồn thông tin quan trọng hỗ trợ cho việc đánh giá chất lượng mô hình thiết lập sẽ trình bày ở phần bên dưới, chính vì lý do đó lưu vực 300 được lựa chọn làm khu vực thử nghiệm trong luận án.

#### 4.3.2 Tài liệu và số liệu sử dụng

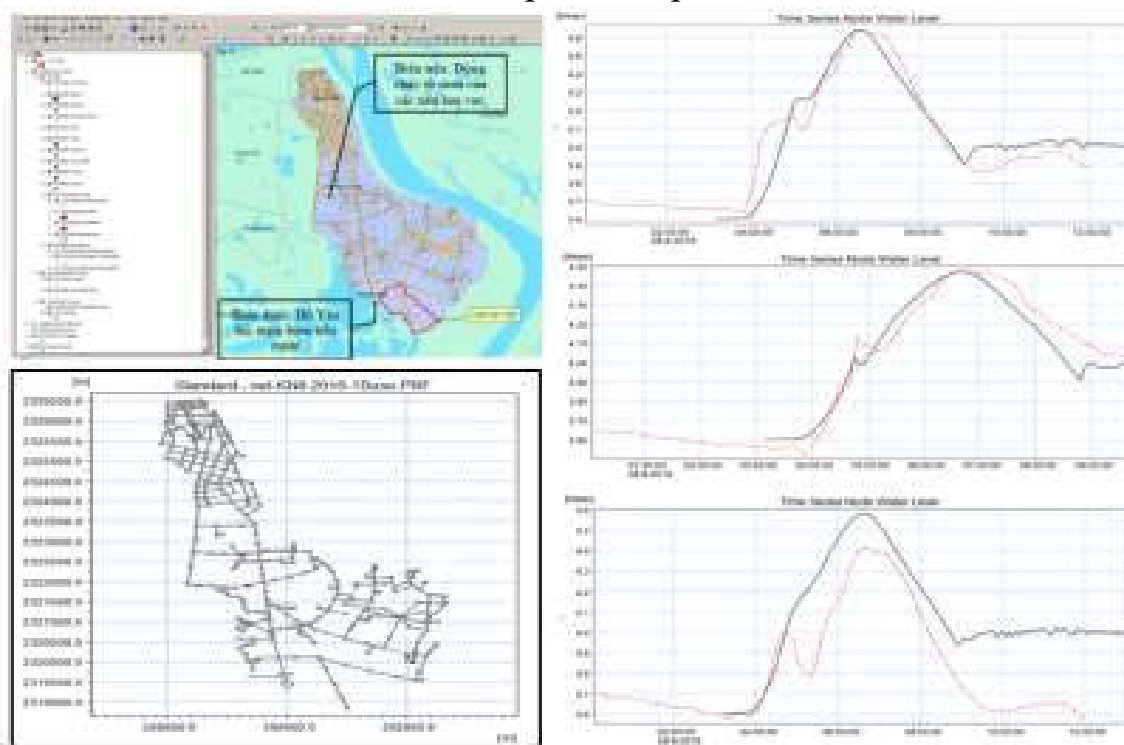
Để phục vụ việc tính toán tiêu thoát nước mưa sử dụng mô hình MIKE URBAN cho khu vực thử nghiệm, các loại số liệu sẽ được thu thập và sử dụng gồm tài liệu về hệ thống thoát nước mặt như tiểu lưu vực, tuyến và kích thước

cống, kênh tiêu, hồ ga... Ngoài ra, các số liệu mưa, số liệu mực nước của các trạm quan trắc tự động trong và gần khu vực thử nghiệm cũng được thu thập.

### 4.3.3 Thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Trong luận án này, mô hình và sơ đồ tính toán tiêu thoát nước mưa được kế thừa từ dự án “Xây dựng hệ thống cảnh báo úng ngập thời gian thực cho nội thành Hà Nội” của Bộ Tài nguyên và Môi trường do Quỹ phát triển Bắc Âu tài trợ. Theo đó, sơ đồ tính toán sử dụng mô hình MIKE URBAN bao gồm 1.730 ha tổng diện tích tiêu toàn vùng, trong đó có 314 lưu vực tiêu, 314 nút thu nước hay hồ ga, 401 đoạn kênh và cống tiêu với tổng chiều dài vào khoảng 75,816 m (Hình 4.2).

Hình 4.2. Mô hình thiết lập và kết quả kiểm định mô hình



Để hiệu chỉnh mô hình luận án sử dụng số liệu mưa và mực nước thu thập được trong hai ngày 24 và 25/5/2016 và để kiểm định lại bộ thông số đã tìm được trong bước hiệu chỉnh, số liệu mưa và mực nước thu thập được trong ngày 28/8/2016 được sử dụng. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định thông qua các sai số đánh giá đều nằm trong giới hạn cho phép, hệ số NASH đạt mức tốt 0,75 (Hình 4.2).

#### **4.3.4 Kết quả mô phỏng**

Từ số liệu quan trắc tại trạm Láng từ năm 1990-2023 (34 năm), mỗi năm xác định 1 trận mưa có tổng lượng mưa trong 180 phút lớn nhất, số liệu mưa theo bước thời gian 10 phút. Sau đó tiến hành mô phỏng toàn bộ các trận mưa bằng mô hình MIKE URBAN, xác định được lưu lượng cực đại  $Q_{max}$  tại cửa ra của lưu vực tính toán đối với từng trận mưa. Thống kê toàn bộ các giá trị lưu lượng lớn nhất  $Q_{max}$  thu thập được tại vị trí cửa xả cuối cùng của khu vực thử nghiệm để vẽ đường tần suất lý luận lưu lượng lớn nhất nhằm xác định được giá trị  $Q_{max}$  tra trên đường tần suất ứng với tần suất lựa chọn 10% là 41,3 ( $m^3/s$ ).

#### **4.4 Đánh giá khả năng ứng dụng công thức luận án**

Để đánh giá khả năng ứng dụng công thức luận án vào tính toán hệ thống tiêu thoát nước mưa, luận án tiến hành so sánh kết quả từ công thức luận án với kết quả tính toán từ mô hình MIKE URBAN và tính theo công thức của TCVN 7957. Kết quả tính toán (Bảng 4.1) cho thấy lưu lượng tiêu thiết kế của 3 phương pháp là xấp xỉ nhau, trong đó kết quả từ mô hình MIKE URBAN có giá trị lưu lượng là lớn nhất, sau đó đến kết quả tính từ công thức luận án. Có thể nhận định qua từ mô hình phản ánh một cách tương đối chính xác lưu lượng tiêu thực tế ứng với tần suất 10% của khu vực thử nghiệm bởi mô hình đã được đánh giá độ tin cậy là tốt.

Như vậy có thể nhận xét rằng kết quả tính toán từ công thức luận án phản ánh gần đúng với thực tế hơn so với công thức chung từ TCVN 7957. Tuy nhiên cũng cần lưu ý rằng, hiện nay luận án mới chỉ so sánh với một khu vực thử nghiệm do vậy để có kết luận chính xác nhất cần tiến hành so sánh với nhiều khu vực thử nghiệm khác nhau với nhiều loại diện tích và hệ thống tiêu thoát nước mưa phức tạp khác nhau. Cuối cùng có thể kết luận rằng công thức luận án có khả thi cao khi áp dụng vào giải quyết các bài toán thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa cho thành phố Hà Nội.

Bảng 4.1. Kết quả tính toán lưu lượng tiêu thiết kế theo 3 phương pháp

| STT | Phương pháp        | Q<br>(m <sup>3</sup> /s) | Sai số giữa kết quả tính toán với<br>kết quả mô hình (%) |
|-----|--------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1   | Mô hình MIKE URBAN | 36,70                    | 0%                                                       |
| 2   | TCVN 7957          | 34,10                    | 7,1%                                                     |
| 3   | Công thức luận án  | 35,47                    | 3,36%                                                    |

#### 4.5 Bàn luận kết quả nghiên cứu

Luận án tiến hành đánh giá khả năng ứng dụng công thức cường độ mưa đề xuất vào bài toán thực tiễn thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa cho thành phố Hà Nội. Để thực hiện mục tiêu này, luận án tiến hành so sánh kết quả tính toán công thức luận án với hai phương pháp khác nhau gồm sử dụng mô hình toán MIKE URBAN và sử dụng công thức của TCVN 7957. Trên cơ sở kế thừa mô hình thoát nước mưa MIKE URBAN và một số tài liệu và số liệu liên quan từ kết quả thực hiện dự án trước đây. Luận án đã tiến hành thu thập bộ số liệu đầu vào mới nhất cho mô hình thoát nước mưa đô thị nhằm thiết lập các mô phỏng cần thiết cho khu vực nghiên cứu thử nghiệm. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu mực nước thu thập tại bốn vị trí quan trắc cho thấy mô hình đã mô phỏng tốt giá trị đỉnh và thời gian xuất hiện đỉnh dòng chảy, với các chỉ tiêu đánh giá mô hình như NASH ( $> 0,75$ ),  $\Delta H$  ( $< 0,16$  m) và  $\Delta t$  ( $< 6$  phút) là khá tốt. Mô hình được đánh giá là có độ tin cậy để thực hiện các bước mô phỏng. Với số liệu các trận mưa 180 phút lớn nhất trong 34 năm quan trắc từ 1990 đến 2023 được sử dụng để tái mô phỏng trong mô hình, kết quả phân tích tần suất giá trị lưu lượng lớn nhất với tần suất 10% xác định được là 36.7 m<sup>3</sup>/s. Luận án tiến hành sử dụng công thức tính toán lưu lượng tiêu ứng với tần suất 10% bằng cách sử dụng công thức của TCVN 7957 và công thức đề xuất. Qua phân tích các giá trị thu được từ các phương pháp tính khác nhau, có thể nhận thấy công thức đề xuất trong luận án là gần sát với giá trị thu được từ mô hình toán nhất. Qua đó có thể kết luận công thức luận án có khả năng ứng dụng cao vào các bài toán thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa cho thành phố Hà Nội.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

Trong những năm gần đây, quá trình đô thị hoá diễn ra khá mạnh mẽ tại thành phố Hà Nội, cùng với đó là hiện tượng thời tiết khí hậu cực đoan liên tiếp xuất hiện, bằng chứng là những trận mưa bất thường ngày càng gia tăng về số lượng, cường độ và tần suất. Có thể nói, một trong những nguyên nhân cơ bản và cốt lõi là việc xác định cường độ mưa tính toán phục vụ thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa chưa thật sự hợp lý trong bối cảnh mới, dẫn đến các kết quả tính toán thiết kế hệ thống thoát nước mưa có mức đảm bảo thấp hơn so với yêu cầu thực tế. Xuất phát từ thực tiễn hiện nay là số liệu quan trắc mưa tự ghi thời đoạn ngắn không đảm bảo để áp dụng các phương pháp tính toán chính xác cho tất cả các khu vực, vì vậy nâng cao độ chính xác và tin cậy của các công thức cường độ mưa tính toán là một yêu cầu cần thiết trong công tác tổ chức thoát nước mưa đô thị. Để giải quyết vấn đề nêu trên, luận án đã xây cơ sở khoa học xác định cường độ mưa tính toán cho thiết kế thoát nước mưa Thành phố Hà Nội, cụ thể đã thực hiện được những vấn đề sau:

(i) Tổng quan các nghiên cứu ở trong nước và trên thế giới có liên quan, luận án đã chỉ ra rằng các tham số trong các công thức cường độ mưa tính toán phụ thuộc lớn vào tính chất đặc thù của từng địa phương và các tham số này cần được cập nhật do những biến động của các yếu tố ảnh hưởng đến việc thiết lập khoảng giá trị các tham số. Việc xây dựng các công thức cường độ mưa tính toán từ quan hệ cường độ - thời đoạn – tần suất (IDF) dựa trên việc khai thác tối đa nguồn dữ liệu mưa quan trắc là một cách tiếp cận phổ biến trên thế giới hiện nay.

(ii) Dựa trên bộ dữ liệu mưa được cập nhật bổ sung đến năm 2023 cho Thành phố Hà Nội của 02 trạm khí tượng điển hình là Láng và Hà Đông, luận án đã tiến hành phân tích, so sánh để lựa chọn được phân phối Gumbel để xây dựng đường tần suất mưa sát với thực tế nhất.

(iii) Xây dựng mối quan hệ cường độ mưa – thời gian – tần suất (IDF) cho các trạm đo mưa tự ghi tại thành phố Hà Nội theo các thời đoạn mưa 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1440 phút với chu kỳ lặp lại 2, 5, 10, 25, 50, 100 năm theo phân phối Gumbel.

(iv) Xây dựng công thức cường độ mưa tính toán bằng phương pháp giảm gradient tổng quát phi tuyến tính (Generalized Reduced Gradient (GRG) Nonlinear) với các tham số khí hậu phụ thuộc điều kiện địa phương cho thiết kế thoát nước mưa Thành phố Hà Nội.

(v) Đánh giá được khả năng ứng dụng của công thức luận án vào thực tế tính toán thoát nước mưa cho Thành phố Hà Nội dựa trên kết quả tính toán bằng mô hình thủy văn thủy lực (MIKE URBAN). Có thể kết luận rằng công thức luận án có tính khả thi cao khi áp dụng vào giải quyết các bài toán thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa cho thành phố Hà Nội.

## **2. Kiến nghị**

Cần mở rộng nghiên cứu bổ sung cho các trạm đo mưa tự ghi để mật độ dữ liệu trong vùng dày hơn, nhằm tăng độ chính xác hơn nữa cho kết quả nghiên cứu.

Luận án mới chỉ dừng lại so sánh với một khu vực thử nghiệm do vậy để có kết luận chính xác nhất cần tiến hành so sánh với nhiều khu vực thử nghiệm khác nhau với nhiều loại diện tích và hệ thống tiêu thoát nước mưa phức tạp khác nhau.

Việc đánh giá ảnh hưởng của Biến đổi khí hậu cần cập nhật Kịch bản biến đổi khí hậu mới nhất, cập nhật số liệu được áp dụng cho Thành phố Hà Nội.

**DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN  
ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN**

1. Son Tran Thanh, Anh Ha Xuan (2023), Deriving of Intensity–Duration–Frequency (IDF) curves for precipitation at Hanoi, Vietnam, *E3S Web of Conferences*, 403, 06002. eISSN: 2267-1242. (Scopus)
2. Hà Xuân Ánh, Trần Thanh Sơn (2022), Một số vấn đề liên quan đến xử lý và tái sử dụng nước mưa đô thị, *Tạp chí Xây dựng*, 2022 (4), 64-69. ISSN 2734-9888.
3. Hà Xuân Ánh (2023), Lựa chọn phân phối xác suất để xây dựng đường cong IDF cho tính toán hệ thống tiêu thoát nước mưa khu vực Hà Nội, *Tạp chí Xây dựng*, 2023 (9), 82-89. ISSN 2734-9888.